UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
ULTRAVIOLETTE FLUORESCENZ
DURCH
RÖNTGEN- UND KATHODENSTRAHLEN.

INAUGURAL-DISSERTATION
DER
HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER
UNIVERSITÄT LEIPZIG
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
VORGELEGT
VON

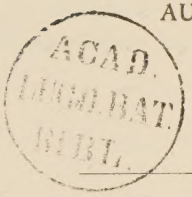
PAUL SCHUHKNECHT
AUS LEIPZIG.

1905.
DRUCK VON EMIL PORZIG, TAUCHA-LEIPZIG.

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
ULTRAVIOLETTE FLUORESCENZ
DURCH
RÖNTGEN- UND KATHODENSTRAHLEN.

INAUGURAL-DISSERTATION
DER
HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER
UNIVERSITÄT LEIPZIG
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
VORGELEGT
VON

PAUL SCHUHKNECHT
AUS LEIPZIG.



1905.
DRUCK VON EMIL PORZIG, TAUCHA-LEIPZIG.

Angenommen von der

Mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion

auf Grund der Gutachten der Herren WIENER
und DES COUDRES.

Leipzig, den 30. VIII. 1904.

Der Procancellar.
Hölder.

Inhalt.

Seite

Geschichtliches 5
Ziel und Verlauf der Arbeit 7
Orientierende Versuche 9
Auswahl des Untersuchungsmaterials 13
a. Mineralien 13
b. Chemikalien 14
c. Feste Lösungen 19
Spektrographische Untersuchungen mit Röntgenstrahlen 20
a. Allgemeines 20
b. Apparat 21
c. Aufnahmen 24
Spektrographische Untersuchungen mit Kathodenstrahlen . . . 26
a. Apparate 26
b. Arbeitsweise und Messungen 28
Aufnahmen ohne Linsen 31
Zusammenfassung 32
Beiläufige Beobachtungen 34
a. Nachfarben 35
c. Veränderungen der Fluorescenz 36
Versuche mit sekundären Röntgenstrahlen 37

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545805_0114

Geschichtliches.

In einer Arbeit vom Jahre 1896, betitelt: „Über einige Eigenschaften der Röntgen'schen X-Strahlen“, [1]) berichten die Herren Verfasser A. Winkelmann und R. Straubel unter anderem von Fluorescenzerscheinungen an einigen Krystallen, die durch ihre photographische Wirksamkeit besonders beachtenswert sind. Beobachtet wurden in erster Linie Flußspathe, sodann Zirkon, Cölestin, Schwerspath, Baryt und Strontianit. Auf der empfindlichen Schicht einer photographischen Platte liegend und von unten durch letztere hindurch mit Röntgenstrahlen belichtet, erzeugen sie an der betreffenden Stelle einen starken photographischen Eindruck, der beim Entwickeln der Platte als dunkle Abbildung des Krystalls in die Erscheinung tritt. Die Schwärzung der Platte, also die Stärke der photographischen Einwirkung, ist beim Flußspath am größten, geringer bei Zirkon; dann folgen in großem Abstande die übrigen Krystalle in der oben angegebenen Reihenfolge. Im günstigsten Falle kann die Schwärzung das 35-fache derjenigen betragen, die gleichzeitig an den übrigen Stellen allein durch die Einwirkung der Röntgenstrahlen erzeugt wird. Die Strahlung der Krystalle geht durch Papier und Stanniol nicht hindurch, erweist sich also dadurch als eine von den Röntgenstrahlen verschiedene, durch diese sekundär erregte Strahlenart. Daß sie mit ultraviolettem Licht identisch ist, zeigten die Verfasser durch eine Aufnahme des Spektrums. Diese ergab ein kontinuierliches Band mit allmählich verlaufenden

[1]) Wiedem. Ann. 59, S. 336 bis 339. 1896.

Enden in einer Ausdehnung von $\lambda = 396 - 233$ $\mu\mu$ Wellenlänge und mit einem Maximum bei $\lambda = 280$ $\mu\mu$. Dieses Ergebnis stimmte überein mit einer durch Bestimmung des Brechungsexponenten gewonnenen Messung, die aus $n = 1{,}46$ für Flußspath ebenfalls auf eine mittlere Wellenlänge von 274 $\mu\mu$ schließen läßt. Eine Bestimmung der Wellenlänge des von den übrigen Körpern ausgesandten Lichtes wurde unterlassen, da die geringe Intensität der Strahlung zu ungünstig erschien.

Seitdem ist eine größere Anzahl von Körpern bekannt geworden, die unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen fluorescieren und zum Teil verwandte Eigenschaften zeigen. Im Jahre 1897 veröffentlichte W. Arnold[1]) diesbezügliche Untersuchungen. Baryumplatincyanür, Magnesiumplatincyanür, Kaliumplatincyanür, Scheelit, Cuproscheelit, Calciumwolframat (mit und ohne Kupferwolframat), Manganwolframat und Urandoppelsalze leuchten sowohl unter Kathoden- als auch unter Röntgenstrahlen hell. Eine Reihe anderer Substanzen leuchtet unter Kathodenstrahlen hell, unter Röntgenstrahlen nur schwach. Dahin gehören Baryumsulfid, Calciumsulfid und Zinksulfid.[2]) Am deutlichsten ist der Unterschied bei einigen festen Lösungen, z. B.: $Ca\,SO_4 + Mn\,SO_4$ — $Ca\,SO_4 + Zn\,SO_4$ — $Mg\,SO_4 + Mn\,SO_4$ — $Zn\,SO_4 + Mn\,SO_4$ — $Cd\,SO_4 + Mn\,SO_4$ — $Na_2\,SO_4 + Mn\,SO_4$, in welchen Ausdrücken der erste Stoff das Lösungsmittel, der addierte, den in geringer Menge darin gelösten Stoff bezeichnet. Auch viele organische Körper verhalten sich in diesem Sinne gegen Kathoden- und Röntgenstrahlen verschieden, so Anthracen, Reten, Anthrachinon u. a. Eine photographische Wirkung findet der Verfasser insbesondere bei Plattincyandoppelsalzen, während mit anderen Körpern

---

[1]) Wiedem. Ann. 61, pag. 321. 1897. W. Arnold: „Über Luminescenz."

[2]) Die Beobachtung betr. des Zinksulfides konnte ich nicht bestätigen. Alle von mir benutzten Zinksulfide fluorescierten unter Röntgenstrahlen sehr hell. Absolut betrachtet steht natürlich die Lichtstärke der Fluorescenz unter Röntgenstrahlen weit hinter der unter Kathodenstrahlen zurück.

eine Verstärkung der Einwirkung der X-Strahlen auf photographische Platten nicht herbeigeführt wurde.[1]

Im selben Jahre veröffentlichte J. Precht eine Arbeit: „Untersuchungen über Kathoden- und Röntgenstrahlen", in der ein Kapitel Angaben über Fluorescenzerscheinungen enthält.[2] Die Helligkeitsordnung der durch Röntgenstrahlen erregten Fluorescenzen wird durch die folgende Reihe angegeben: Calciumplatincyanür, Magnesiumplatincyanür, Kaliumplatincyanür, Baryumplatincyanür, Uranylfluoridfluorammonium, Urannitrat. Eine nachfolgende Phosphorescenz zeigen: Strontiumsulfid mit Kupferzusatz, künstlicher Scheelit, Caliumsulfid mit Wismuthzusatz und Flußpath. Der Unterschied in der Erregung einerseits durch Kathodenstrahlen, andererseits durch Röntgenstrahlen wird ebenfalls konstatiert. Hinsichtlich der verstärkenden Wirkung gegenüber dem photographischen Eindrucke der Röntgenstrahlen ordnen sich die Stoffe zu der Reihe: Kaliumplatincyanür, Flußspath, Scheelit, Calciumplatincyanür, Magnesiumplatincyanür, Uranylfluorid, Baryumplatincyanür, Urannitrat, Calciumsulfid mit Wismuthzusatz. Kaliumplatincyanür zeichnet sich vor allen anderen durch Stärke der Wirkung ebenso wie durch Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen aus.

Ziel und Verlauf der Arbeit.

Seit Winkelmann und Straubel[3] sind gleiche Arbeiten mit spektralen Messungen im ultravioletten Teile meines Wissens nicht ausgeführt worden. Eine von Herrn Radeboldt verfaßte Dissertation[4]) erschien erst gegen Abschluß dieser Arbeit und wird weiter hinten erörtet werden.[5]

---

[1]) Die von mir beobachteten Erscheinungen stimmen mit dieser Angabe nicht vollkommen überein (vergl. Fluorbaryum, Zinksulfid); die obige Angabe ist aber zu allgemein, als daß sich ein genauer Vergleich anstellen ließe.

[2]) Wiedem. Ann. 61, pag. 330 (ab pag. 344) 1897.

[3]) a. a. O.

[4]) W. Radeboldt, Dissertation, Rostock, 1903.

[5]) Pag. 24.

Angesichts der Tatsache, daß viele Körper unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen fluorescieren und insbesondere derart, daß innerhalb kurzer Zeit starke photographische Eindrücke hervorgerufen werden, erschien es wünschenswert, den Erscheinungen in Hinsicht auf ihren spektralen Charakter etwas weiter nachzugehen. Nimmt man an — was zahlreiche Experimente nachzuweisen versuchen, — daß Röntgenstrahlen äußerst kurzwelliges Licht sind, so läßt sich auf Grund der Stokes'schen Regel vermuten, daß sie Fluorescenzen anzufachen vermögen, die vielleicht weit jenseits des jetzt bekannten ultravioletten Spektralgebietes liegen. Aber auch dann, wenn man sich von dieser Hypothese über die Natur der X-Strahlen frei hält, läßt die Tatsache, daß Röntgen- und Kathodenstrahlen weit im Violett und (wie das Beispiel vom Flußspath dartut) im Ultraviolett liegende Fluorescenzen hervorrufen können, ähnliche Vermutungen nicht unbegründet erscheinen. Die vorliegende Arbeit bezweckt, über die obwaltenden Verhältnisse einen ersten Überblick zu verschaffen. Daß sie, trotzdem die starke Absorption der Luft für Wellenlängen unterhalb 200 $\mu\mu$ bekannt ist, auch in Ermangelung eines Vakuumspektrographen unternommen wurde, ist übrigens begründet durch die auch anderwärts[1]) vertretene Ansicht, daß die Luft möglicherweise nur ein in seiner Breite nicht bekanntes Absorptionsband für kurzwelliges Licht besitze, für kürzeste Wellen aber wieder durchlässig sei. Das Problem der Arbeit war also das: zu untersuchen, wie weit die durch Röntgen- oder die verwandten schnellen Kathodenstrahlen erzeugten Fluorescenzen ins ultraviolette Spektralgebiet reichen können, resp. ob sich eine Andeutung finde, daß Fluorescenzen kürzester Wellenlänge erregt würden. Alles gilt mit den durch das Arbeiten in Luft bedingten Einschränkungen. Auf die hierdurch und durch andere Überlegungen veranlaßten Gedankengänge und Schlüsse werde

---

[1]) Wiedem. Ann. 59, pag. 345, Anm.

ich am Schlusse der Darstellung der Untersuchungsergebnisse kurz zurückkommen.[1])

Den Untersuchungen mit Röntgenstrahlen stand bei den meisten Körpern die geringe Intensität des erregten Lichtes im Wege. Da sich eine intensive Konzentration der erregenden X-Strahlen infolge der fehlenden Brechbarkeit nicht erreichen läßt, bin ich dazu übergegangen, die Fluorescenz unmittelbar durch Kathodenstrahlen hervorzurufen, wobei freilich unvermeidbar auch auf den Substanzen selbst erzeugte Röntgenstrahlen zur Wirkung gelangen. Doch kam das insofern nicht in Betracht, als meine Untersuchungen in erster Linie die Erzeugung von ultravioletter Fluorescenz beabsichtigten. Die Substanzen wurden in die Entladungsröhre eingeschlossen und in dieser bestrahlt. Das Vakuum war sehr hoch. Es stellte sich übrigens heraus, daß das auf beide Arten hervorgerufene Fluorescenzlicht im wesentlichen dasselbe spektrale Gebiet umfaßte.

Orientierende Versuche.

In einer ersten Anordnung wurden die bereits bekannten Versuche wiederholt und nach einigen Richtungen erweitert.

Der Apparat war folgender.

Eine mit Antikathode versehene Röntgenröhre wurde über einem Tische fest aufgebaut, so daß ihr Strahlenkegel mit annähernd senkrechter Axe nach oben austrat. Die Röhre wurde durch schwarze Tücher gut verhüllt. Sie war von einer kleinen Holzkiste umgeben, an der eine Seitenwand ganz und die zwei anstoßenden soweit entfernt waren, daß die Lichtquelle bequem unter die Mitte der Deckfläche gebracht werden konnte. Letztere war in der Mitte mit einem rechteckigen Ausschnitte von 13 × 18 cm Größe versehen, der unter erhabenem Rahmen mit einer dreifachen Lage schwarzen Plattenpapiers straff überspannt war. Auf diesem Tischchen konnten die Substanzen leicht

[1]) Pag. 32.

beobachtet, sowie in einem gewöhnlichen, geschlossenen Plattenkasten auf ihre photographische Wirksamkeit untersucht werden. Zum Betriebe der Röhre diente ein Klingelfuß'sches Induktorium mit 30 cm maximaler Schlagweite, als Unterbrecher ein Quecksilber-Turbinen-Unterbrecher. Die primäre Spule wurde durch städtischen Centralstrom unter Vorschaltung von 15 Ohm gespeist. Um eine Vorstellung von der Härte der Röhre zu geben, sei bemerkt, daß bei einem Abstande von 6 cm zwischen Kathode und Antikathode ein parallel geschaltetes Ventil von 18 cm Schlagweite in Luft zwischen Spitze und Scheibe eben nicht mehr spielte. Die erwähnte Röhre wurde zu den meisten hier beschriebenen Versuchen benutzt und erhielt sich auf der betreffenden Härte ziemlich konstant, resp. ging nach kurzem Betriebe infolge der eintretenden Erwärmung immer wieder auf diesen mäßig harten Zustand zurück. (Erst gegen Ende der Untersuchungen wurde die Röhre zu hart. Benutzt wurde dann eine solche mit Vorrichtung zum Regenerieren). Das Zimmer war sorgfältig verdunkelt.

Bezüglich der Helligkeit des durch Röntgenstrahlen erregten sichtbaren Fluorescenzlichtes war beispielsweise eine Reihenfolge von Körpern:

1. Scheelit,
2. Ichthyophthalm,
3. Flußspath (viele Varietäten), } ungefähr gleich hell,
4. Glas, schweres,
5. Glas, gewöhnliches,
6. Zirkon (v. Miask,)
7. Cölestin,
8. Strontianit,

wo die letzten beiden nicht wahrnehmbar, Zirkon mit eben noch gut erkennbarem mattem Scheine leuchtete.

Nach ihrer photographischen Wirkung ordneten sich die Stoffe anders und zwar in die Reihe:

1. Scheelit,
2. Flußspath,
3. Zirkon,
4. Ichthyophthalm,
5. Cölestin.

Glas und Strontianit erzeugten gar keinen Eindruck. Wo sie den stärker wirkenden Stoffen am nächsten lagen, hatten sie vielmehr deren diffuses Licht abgeschirmt. Die benutzten Platten waren wenig empfindlich (solche eignen sich zu diesen Versuchen besonders wegen der stärkeren und klaren Kontraste), die Exposition dauerte dementsprechend 4 Minuten. Versuche mit Momentplatten (Belichtung 6 sec.) zeigten übrigens ein gleiches Ergebnis.

Um ein vorläufiges Urteil darüber zu erhalten, welcher Art die Strahlung sei, wurde die Absorption untersucht, die verschiedene Stoffe ihr gegenüber zeigen. Die Versuchsanordnung war dabei dieselbe, nur daß zwischen Plattenschicht und Krystall die absorbierenden Substanzen eingeschaltet wurden.

Dünnste Silberfolie, die in der Durchsicht deutlich Poren erkennen ließ, schirmte bereits alles ab. Die Poren erschienen dabei als dunkle Pünktchen mit allmählich verlaufenden Höfen, welch letztere Erscheinung von der diffusen Reflexion an der Unterseite herrühren mag; denn ein über den Rand der Folie halb übergreifender Flußspath hatte unter einer dort zufällig entstandenen Falte eine entsprechende Wirkung erzeugt. Eine doppelte Schicht der gleichen Folie erwies sich als vollkommen undurchlässig für das Licht der verschiedenen Krystalle. Selbst wenn das Phosphorescenzlicht nach vorausgegangener intensiver Erregung 21 Stunden lang einwirkte, zeigte sich an den mit Silberfolie doppelt bedeckten Stellen nicht der leiseste Eindruck, während daneben liegende Flußspathkrystalle eine äußerst starke Wirkung hervorgebracht hatten.[1])

[1]) Bei einer späteren Wiederholung ähnlicher Versuche fand ich bei einem Flußspathstück die von W. Arnold, Wiedem. Ann. 61, pag. 324 angegebene Erscheinung einer durch schwarzes Papier gehenden

Aluminiumfolie von 0,015 mm Dicke erwies sich ebenfalls als undurchlässig.

Schwarzes Plattenpapier absorbierte alles. Weißes durchscheinendes Wachspapier, wie es ebenfalls zuweilen beim Verpacken von Platten Verwendung findet, bildete durch seine Fasern deutliche Schatten, während die mit Wachs gefüllten Poren durchgelassen hatten.

Glas absorbierte verhältnismäßig stark. Eine Platte von 3,35 mm Dicke hielt fast alles ab, eine solche von der Stärke 1,3 mm und 1,08 mm schon den größten Teil. Allerdings ist hierbei die Entfernung des Krystalls von der empfindlichen Schicht nicht mehr zu vernachlässigen. Darum wurde allemal ein Krystall gleicher Wirkungsstärke brückenartig über den Zwischenraum zwischen zwei etwas von einander entfernten Platten gelegt.

Quarz, in einer 0,3 mm starken Platte verwendet, absorbiert, aber nur schwach.

Glimmer absorbiert in 0,03 mm dicken Blättchen schon einen erkennbaren Teil, etwa $^1/_4$ der gesamten Wirkung. Entsprechend der Dicke nimmt die Absorption zu. Eine Schicht von 0,12 mm, die schwach bräunlich gefärbt war, absorbierte fast alles vom Flußspath ausgesandte Licht. Die Strahlung des Scheelits wurde deutlich stärker durchgelassen, was mit den weiter unten angegebenen spektralen Messungen im Einklang steht.

Marienglas in einer Schichtdicke von 2,92 bis 2,42 mm absorbiert das Licht sämtlicher Krystalle bis auf Spuren. Auch hier kommt natürlich ein Teil der Abschwächung auf Rechnung der größeren Entfernung.

Absorption der Substanzen selbst. Die Substanzen wurden auf die empfindliche Schicht der Platte gelegt und im lichtdichten Pappkasten von oben bestrahlt. Sie warfen durchweg Schatten. Nur bei einigen weniger dicken Fluß-

---

Phosphorescenz in ausgeprägtem Maße, bei Zn S schwach. Ein anderer Flußspath zeigte die Erscheinung nicht, ebensowenig Balmainsche Leuchtfarbe. Die Zeit der Einwirkung betrug ca. 50 Stunden. Siehe aber pag. 33 Anm.

spathkrystallen war eine teilweise Einwirkung zu erkennen, besonders dort, wo die Strahlen kürzere Wege im Krystall zurückzulegen hatten. Daß sich diese von A. Winkelmann und R. Straubel [1]) in diesem Falle durchgehend beobachtete Schwärzung hier nur aussahmsweise zeigte, erkläre ich mir aus der größeren Dicke der von mir benutzten Flußspathkrystalle.

Aus den Versuchen scheint hervorzugehen, daß wir es mit mehr oder weniger kurzwelligem ultraviolettem Lichte zu tun haben.

Auswahl des Untersuchungsmateriales.

Zur Auswahl der genauer zu untersuchenden Substanzen konnten vorerst die citierten Angaben früherer Forscher verwendet werden. Es lag in der Absicht des Verfassers, sich ein Bild über die spektrale Natur der Strahlung bei den verschiedensten fluorescierenden Stoffen zu verschaffen, und es schien nicht ausgeschlossen, daß Körper existierten, die bei geringer oder gar fehlender sichtbarer Fluorescenz doch stark in kurzwelligem Lichte leuchten können. Eine erste Entscheidung der Frage war nur durch den Vergleich der sichtbaren Erregung mit der Stärke der photographischen Wirkung möglich.[2])

a) Mineralien. Unter dem eben entwickelten Gesichtspunkte wurde zunächst eine große Anzahl zufällig in dieser Auswahl im Institut vorhandener Krystalle der verschiedensten Art, natürliche und künstliche (etwa 500), okular beobachtet, darauf die sichtbar fluorescierenden sämtlich, die anderen in einer größeren Auswahl photographisch untersucht und beide Ergebnisse verglichen. Es fand sich indes dabei kein einziger Körper, der gar nicht sichtbar, aber photographisch gewirkt hätte. In den meisten Fällen gingen photographische Wirkung und sichtbares Leuchten vielmehr vollkommen einander parallel. Die

[1]) a. a. O.

[2]) Vgl. aber die Erörterungen am Schlusse der Arbeit. Zusammenfassung Pag. 34.

Helligkeit stand allgemein hinter derjenigen zurück, welche die bereits als hell fluorescierend bekannten Körper erreichen. Eine Reihe der am deutlichsten sichtbar leuchtenden Mineralien sei hiermit genannt: Steinsalz, Turmalin, Topas, Kalkspath, Schwerspath, Boracit, Bitterspath, Anhydrit und Kieselzinkerz. Die photographische Wirkung war aber stets sehr schwach.

b) Chemikalien. In gleicher Weise wurden die im Institut in einiger Auswahl vorhandenen Chemikalien sämtlich durchgeprüft, dazu eine Anzahl neu bezogener, für die eine frühere Angabe oder scheinbar sich andeutende Gesetzmäßigkeiten (vgl. Ba- und Pb-Verbindungen, Fluoride) den Schluß auf gute Brauchbarkeit zu gestatten schienen.

Von den Baryumverbindungen leuchtete das Fluorid schwach, das Sulfat sehr schwach, ebenso das Sulfid (als purriss. bez. von Merck, Darmstadt). Unter den Bleiverbindungen zeigte das Sulfat eine mäßig schwache Fluorescenz, ameisensaures Oxyd und das Jodid eben eine Spur. Bleifluorid leuchtete mäßig schwach. Die Quecksilberverbindungen fluorescierten heller, aber in erkennbar rötlichem Tone: Chlorür etwas schwächer als Flußspath, Oxyd-Sulfat mäßig schwach, Bromat ebenso, das Cyanid (krystallisiert) äußerst schwach, Oxydul-Nitrat und Oxydul-Sulfat gar nicht. Kupfercyanür leuchtete als einzige Kupferverbindung unter einer größeren Anzahl, aber nur ganz spurenweise. Von den Kaliumverbindungen leuchteten KOH und KCl mäßig schwach, das Phosphat schwach, Kalium-Eisen-Cyanür, Kaliumcyanür und Kaliumsulfat sehr schwach. Salicylsaures Lithium leuchtet schwach, Lithiumfluorid sehr schwach. Ziemlich lebhaft blaugrünlich leuchtet Cadmiumjodid, fast heller als Flußspath; sein Bromid und Chlorid dagegen zeigt keine Fluorescenz. $CdSO_4$ leuchtet ganz schwach. Auch Thalliumchlorid zeigt schwaches Leuchten. Calcium-Oxyd (aus Marmor) leuchtet sehr lebhaft gelbrot und ist unter die am stärksten erregbaren Körper zu zählen. Ein CaS von Merck, Darmstadt, fluorescierte mäßig stark mit violetter Farbe (also wohl mit Bi-Zusatz in Form

Balmainscher Leuchtfarbe). Eine mir von Herrn Dr. Dahms gütigst zur Verfügung gestellte Balmainsche Leuchtfarbe, von genanntem Herrn aus käuflicher bereitet,[1]) zeigte ein langsameres Anklingen. Das Calciumchlorid fluoresciert spurenweise. Natriumchlorid zeigt eine Spur von Leuchten, viele andere Verbindungen des Metalls leuchten nicht. Auch von den Ammoniumsalzen leuchtet nur eines, das Bromat, mit schwacher Spur. Zinnoxyd leuchtet schwach weißlich. Zinkbromid, Zinkjodid und Zinkcarbonat zeigen nur Spuren. Jodsilber leuchtet sehr schwach. Bei Anthracen konnte eine Fluorescenz beobachtet werden, die in ihrer Helligkeit nahezu den Flußspath erreicht; die Farbe des Lichtes ist aber wegen der gelblichen Eigenfarbe des Stoffes schwer zu beurteilen. Reten leuchtet mäßig schwach. In den Verbindungsgruppen von Bi, As, Si, Cr, Al, Mn, Fl,Co, Ni, V, Mg wurden keine sichtbar fluorescierenden Stoffe gefunden.

Doppelsalze. Weiter wurden mehrerere Pt- und U-Doppelsalze untersucht. Baryumplatincyanür leuchtet mit dem bekannten gelbgrünen Lichte sehr lebhaft. Die entsprechende Ca-Verbindung leuchtet fast ebensostark blaugrün. Bei Magnesiumplatincyanür (rote Modifikation) konnte keine Fluorescenz beobachtet werden.

Urankaliumnitrat leuchtet stark gelbgrün, Uranammoniumoxyd ebenso. Uranoxydbaryum und Uranoxydstrontium leuchteten nicht.

Der spektrale Charakter des Lichtes wurde wieder mit Hilfe der direkten Einwirkung auf die photographische Platte geprüft. Zuerst wurden aus jeder Gruppe diejenigen Stoffe ausgewählt, die am stärksten leuchteten und auf ihre photographische Wirkung hin untersucht. Sodann wurden besondere Gruppen, bei denen das Verhältnis zwischen sichtbarem Leuchten und photographischem Eindruck günstig erschien, vollständig aufgenommen, andererseits aber auch mehrere solche Gruppen, die gar keine

[1]) Dr. Dahms, Beiträge zur Kenntnis von den Erscheinungen der Phosphorescenz. Habilitationsschrift 1903. Pag. 17.

sichtbare Fluorescenz hatten erkennen lassen. Um bei der Beurteilung keine Fehler zu begehen, wurden streng die gleichen Verhältnisse beobachtet. Eine größere Anzahl der Substanzen wurde auf derselben Platte zugleich exponiert. Die Gleichheit der Intensität der Beleuchtung durch das ganze Feld war durch Flußspathaufnahmen festgestellt, ergab sich übrigens auch aus der gleichmäßigen Schwärzung der Platten durch die Röntgenstrahlen. Um auch die manchmal verschiedene Empfindlichkeit der Platten zu eliminieren, wurde derselbe Flußspath immer mitphotographiert.

Von den Calciumverbindungen wirkte der Flußspath, wie bekannt, außerordentlich stark, CaO (aus Marmor) trotz seines sehr hellen (gelbroten) Lichtes schwach; andere Verbindungen wirkten nicht. Die von Herrn Dr. Dahms stammende Balmainsche Leuchtfarbe wirkte schwach, die von Merck bezogene, entsprechend dem sichtbaren Leuchten, stärker. Von den Zinnverbindungen gab nur das Oxyd einen schwachen Eindruck. Unter den Zinkverbindungen ist als einzige das Sulfid photographisch wirksam. Dabei ist die sichtbare Fluorescenz außerordentlich stark. Von den drei mir zur Verfügung stehenden Sorten leuchtete ein aus der Fabrik Buchler & Co in Braunschweig stammendes Präparat (fein gepulvert) am stärksten und bläulichsten; dann folgte eines, das mir Herr Dr. Dahms aus seinen Präparaten freundlichst zur Verfügung stellte, und an letzter Stelle ein von E. Ducretet, Paris, bezogenes Henrys'ches Zinksulfid von gröberer Körnung. Diese drei Präparate nahmen auch hinsichtlich ihrer photographischen Wirksamkeit dieselbe Reihenfolge ein: Nr. 1 wirkte stark, Nr. 2 schwach, Nr. 3 unter denselben Verhältnissen gar nicht. Das bei dieser Leuchtstärke einigermaßen sicher zu beurteilende Licht schien denn auch bei den letzteren beiden Präparaten mehr gelbgrün zu sein.[1])

[1]) Die Beobachtung, daß verschiedene Zinksulfide auch verschieden fluorescieren, findet sich auch sonst, so bei E. Wiedemann und G. C. Schmidt (Wiedem. Ann. 56, pag. 206) und in Bezug auf dieselben Präparate Dr. A. Dahms, a. a. O. Pag. 25 und 26.

Alle Ergebnisse einzeln aufzuführen ist von geringerem Interesse. Eine Gruppe, in der sämtliche Glieder nicht fluoresciert hätten, aber doch photographische Eindrücke erzeugten, konnte nicht gefunden werden. Auch hier gingen sichtbares Leuchten und photographische Wirksamkeit meist einander parallel. Dagegen zeigten aus der Gruppe der Blei- und Baryumverbindungen einige Stoffe eine photographische Wirkung selbst dann, wenn ein sichtbares Leuchten nicht bemerkt werden konnte. Allerdings ist die photographische Wirkung hier zumeist nur schwach.

Es seien drei Tabellen gegeben, deren erste eine Auswahl verschiedener Metallverbindungen, wie sie beispielsweise zusammengestellt wurden, umfaßt; und zwar sei diejenige herausgegriffen, welche die am hellsten leuchtenden Körper der einzelnen Gruppen enthält. Eine zweite Tabelle soll die Bleiverbindungen, eine weitere die Baryumverbindungen zusammenstellen. (Tab. I bis III).

Tabelle I.

Chem. Verbindung.	Sichtb. Fluorescenz.	Photogr. Wirkung.
Ca O (aus Marmor)	sehr hell (rötlich)	schwach
Cadmiumjodid	sehr hell (grünlich)	mäßig schwach.
Quecksilberchlorür	sehr hell (rötlich)	schwach
Baryumfluorid	schwach	sehr stark
Bleisulfat	schwach	ziemlich stark
Thalliumchlorid	schwach	schwach
Anthracen	mäßig schwach	—
Zinnoxyd	sehr schwach	schwach
Ammoniumbromat	sehr schwach	spurenweise
Kupfercyanür	sehr schwach	spurenweise
Lithiumchlorid	sehr schwach	sehr schwache Spur
Kaliumchlorid	sehr schwach	—
Natriumchlorid	sehr schwach	—
Jodsilber	— (Spur?)	schwach
Zinkcarbonat	— (Spur?)	spurenweise
Aluminiumchlorid		—

Tabelle II. (Pb.)

Bleiverbindungen	Sichtb. Fluorescenz	Photogr. Wirkung
Bleisulfat	schwach	ziemlich stark
Bleijodid	spurenweise	mäßig schwach
Bleisulfid	—	sehr schwach
Bleichromat	—	sehr schwach
Bleicarbonat	—	sehr schwach
Bleinitrat	—	spurenweise
Bleiacetat	—	spurenweise
Ameisensaur. Bleioxyd	spurenweise	spurenweise
Bleifluorid	schwach	schwach

Tabelle III. (Ba.)

Baryumverbindungen	Sichtb. Fluorescenz	Photogr. Wirkung
Unterschwefligsaures Ba	—	undeutlich
Baryumnitrat	—	äußerst schwache Spur
Baryumoxyd	—	do.
Ameisensaur. Baryum	—	sehr schwach
Baryumchlorid	—	do.
Baryumperoydhydrat	—	schwach
Baryumsulfat	sehr schwach	do.
Baryumcarbonat	—	do.
Baryum bromatum	—	do.
Baryumfluorid	schwach	sehr stark
Baryumplatincyanür	sehr stark gelbgrün	sehr schwach
Baryumsulfid (Merck)	sehr schwach	schwach

E. Wiedemann und G. C. Schmidt[1] haben aus ihren Beobachtungen die Regel abgeleitet, daß die Fluorescenzfarbe wesentlich eine Eigenschaft des betr. Metalles sei und das Säureradikal nur auf die Intensität des Fluorescenzlichtes einen Einfluß zu üben scheine. Diese Regel, welche bei den angeführten Untersuchungen bereits im Auge behalten wurde, scheint sich auch hier zu bestätigen. Dagegen ergab sich kein genügender Anhaltspunkt für eine Gesetzmäßigkeit, nach welcher das Säureradikal seinen Einfluß auf die Intensität des Leuchtens ausübt. Man muß

[1]) Wiedem. Ann. 56, pag. 205.

sich beim Aufsuchen fluorescierender Stoffe mit gewünschten Eigenschaften demnach immer noch wesentlich von der Erfahrung leiten lassen. Interessant ist es, daß die Fähigkeit, durch Röntgenstrahlen zur Fluorescenz angefacht zu werden, einer recht großen Zahl von Stoffen zukommt.

c) Feste Lösungen. Auch eine Anzahl fester Lösungen, die nach den Angaben von E. Wiedemann und G. C. Schmidt[1]) hergestellt waren, wurde geprüft. Zur Darstellung wurden die von C. A. F. Kahlbaum, Berlin, als chemisch rein bezogenen Substanzen ohne weitere Reinigung benutzt. Ich habe davon abgesehen, weil es mir auf eine Charakterisierung der reinen Substanzen, resp. Lösungen, nicht ankam, Beimengungen dritter Stoffe aber ebensowohl verstärkend als abschwächend wirken können.[2]

Es wurden hergestellt:

$Zn\,SO_4 + Cd\,SO_4 — Mg\,SO_4 + Mn\,SO_4 — Mg\,SO_4 + Ni\,SO_4 — Mg\,SO_4 + Zn\,SO_4 — Mg\,SO_4 + Cd\,SO_4 — Na_2\,SO_4 + Mn\,SO_4 — K_2\,SO_4 + Mn\,SO_4 — Zn\,SO_4 + Mn\,SO_4 — Ca\,Cl_2 + Mn\,Cl_2$, außerdem in wasserfreiem Zustande $K_2\,SO_4 — Na_2\,SO_4 — Sr\,SO_4 — Ba\,SO_4 — Zn\,SO_4 — Cd\,SO_4 — Ca\,SO_4$.

$Ca\,Cl_2 + Mn\,Cl_2$ fluorescierte unter Röntgenstrahlen ziemlich lebhaft, in dickeren Schichten scheinbar rötlich, in dünner Schicht flach ausgebreitet deutlich gelb. Von den übrigen Substanzen leuchteten nur äußerst schwach $Na_2\,SO_4 + Mn\,SO_4 — Zn\,SO_4 + Mn\,SO_4 — Na_2\,SO_4 — Cd\,SO_4$, so schwach, daß ihr Leuchten nur in günstigen Fällen, bei wenig angestrengten Augen und nach langem Verweilen im Dunkelzimmer, mit Sicherheit erkannt wurde. Photographisch wirkte nur $Sr\,SO_4$ (vgl. Cölestin) äußerst schwach, alle andern gar nicht.

Es möge noch eine Zusammenstellung solcher Stoffe folgen, die durch starkes Leuchten, verhältnismäßig kräftige

[1]) Wiedem. Ann. 54. Pag. 614—616.

[2]) Wiedem. Ann. 56. Pag. 201: E. Wiedemann u. G. C. Schmidt: »Über Luminescenz von festen Körpern und festen Lösungen«; pag. 227.

photographische Wirkung oder aus anderen Gründen ein besonderes Interesse beanspruchten. (Tab. IV).

Tabelle IV.

Name des Stoffes	Sichtb. Fluorescenz	Photogr. Wirkung
Zn S, Nr. 1. (Buchler)	sehr stark blaugrün	stark
Zn S, Nr. 2. (Dr. Dahms)	do. gelblich grün	schwach
Zn S, Nr. 3. (Ducretet)	do.	—
Platinkaliumcyanür	do. bläulich	stark
$Ca\,Cl_2 + Mn\,Cl_2$	sehr stark gelblich	—
Calciumoxyd (a. Marmor)	sehr stark rötlich	schwach
Urannitrat	sehr stark gelbgrün	—
nat. Calciumfluorid (kryst.)	stark (violett)	sehr stark
Scheelit	stark (hellblau)	sehr stark
Ichthyophthalm	stark (hellblau)	mäßig schwach
Anthracen	mäßig schwach	—
Cadmiumjodid	stark (grünlich)	mäßig schwach
Quecksilberchlorür	stark (rötlich)	schwach
Baryumfluorid (pur.)	schwach	sehr stark
Zirkon (Miask)	schwach	mäßig stark
Bleisulfat	schwach	mäßig stark
Balmainsche Leuchtfarbe (Dr. Dahms)	schwach	schwach
do. (Merck)	mäßig stark	stark
Cölestin	—	spurenweise
Schwerspath	spurenweise	sehr schwache Spur
Baryt	schwach	sehr schwach
Diamant	—	—
Bleiplatte	—	schwach

Spectrographische Untersuchung der durch Röntgenstrahlen erregten Fluorescenz.

a) Allgemeines.

Nachdem derart eine Übersicht über die Fluorescenzeigenschaften der Stoffe gegenüber der Erregung durch Röntgenlicht im allgemeinen gewonnen war, wurden die günstig erscheinenden Substanzen spectrographisch untersucht. Für die Auswahl mußte die Stärke der photographischen Wirkung maßgebend sein; denn schon der stark wirkende Flußspath bedingt zur Aufnahme des

Spektrums eine Exposition von 30 min. bei weitem Spalt. Die vorteilhaftesten Verhältnisse bieten sodann wieder die Stoffe, welche für Röntgenstrahlen und ihr eigenes Fluorescenzlicht durchlässig sind, weil sie in dünner Schicht vor den Spalt gekittet und durchstrahlt werden können. Der unverändert durchgelassene Teil des Röntgenlichtes ist dabei nicht störend, einmal infolge der fehlenden Brechbarkeit, sodann auch wegen seiner schwachen photographischen Wirksamkeit. Die anderen Körper mußten in der mittels Funkenstrecke oder leuchtender Flamme bestimmten Stellung vor dem Spalte aufgebaut werden und erfuhren — ihrerseits einen Winkel bildend mit der Axe des Kollimators — eine möglichst senkrechte Bestrahlung durch die seitlich rückwärts aufgestellte Röhre. Die Intensitätsverhältnisse stellten sich dabei natürlich viel ungünstiger. Die Erfahrung zeigte bald, daß trotz sechsstündiger Exposition schon bei verhältnismäßig wirksamen Stoffen wie Zirkon ein photographisches Spektrum nicht mehr erhalten werden konnte. Eine Verlängerung der Expositionszeit bis zu einem Vielfachen erschien aber aus verschiedenen Gründen, nicht nur wegen der diffusen Ausbreitung der Röntgenstrahlen, untunlich und zudem für die meisten noch schwächer wirkenden Stoffe doch aussichtslos. Angesichts dieser ungünstigen Thatsachen wurde dann die eingangs erwähnte Abänderung getroffen, die Substanzen in die Röhre einzuschließen.

Es sei zunächst die Beschreibung des Apparates und dann der Bericht über die Messungen gegeben.

b. Apparat. (Fig. 1.)

Der Spektrograph wurde unter Verwendung eines älteren massiven Gestelles mit Fußschrauben und drehbaren, durch Klemmschrauben festzustellenden Armen eigens für den Zweck hergestellt.

Das Kollimatorrohr ist mittels Zahntriebes verstellbar. Der Spalt ist symmetrisch und hat Platinbacken. Er wurde durch eine zu ihm senkrechte horizontale Maske aus

schwarzem Karton bis auf ein mittleres, $2^1/_2$ mm hohes Stück abgedeckt. Die Stellvorrichtung des Spaltes gestattete Ablesungen bis auf 0,002 mm Spaltbreite.

Der Prismentisch ist der Höhe nach verstellbar, drehbar und läßt sich mittels Federung und Schrauben allseitig neigen.

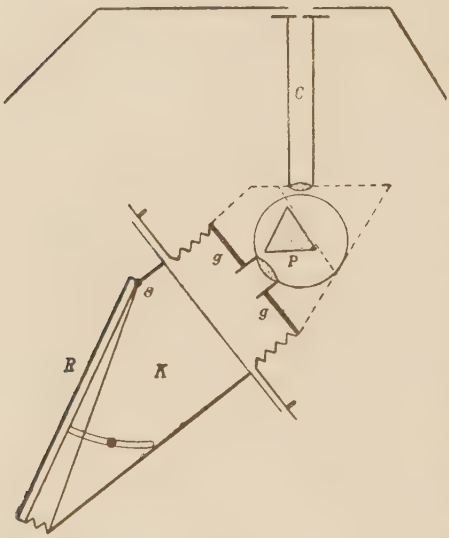


Fig. 1.

Die Kamera ist aus Nußbaumholz angefertigt. Der auf dem Arme festehende Vorderteil V hält das Objektiv, das in eine kurze, verschiebbare Röhre gefaßt ist. Der sich anschließende Balgen ermöglicht ein Ausziehen der Kamera zum Zwecke scharfer Einstellung. Zu dem Ende ist der ganze folgende Teil insgesamt auf einem Schlitten aufgebaut und mit diesem längs des Armes verschiebbar. Die Feststellung wird durch eine von unten fassende Klemmschraube bewirkt. Auf dem ersten Schlitten befindet sich, rechtwinkelig dazu, ein zweiter, der eine seitliche Verschiebung des Kamerakastens K gestattet, die wieder durch Klemmschraube fixiert werden kann. Es wird dadurch möglich, die Platte gegen das Spektrum zu verschieben und so nach beiden Seiten weit über dasselbe hinauszugehen. Die Verbindung zwischen Auszugsbalgen und Kamerakasten wird durch zwei schlittenartig in einander verschiebbare Masken aus geschwärztem Metallblech lichtsicher hergestellt. Der Kamerakasten ist bis auf 30° Neigung gegen seine Längsaxe abgeschrägt. An diesem Ende trägt er den Kasettenrahmen. Derselbe

ist vermöge eines eingeschobenen Balgenstückes um eine senkrechte Axe s drehbar und läßt sich in jeder Stellung mittels der mit Gradteilung versehenen Leitschiene und Klemmschraube festhalten. Er besteht wiederum aus zwei Teilen. Der Teil, welcher die Führung für Kasette und Mattscheibe enthält, läßt sich durch Zahntrieb und Klemmschraube vertikal verschieben und feststellen. Die Verschiebung wird mittels Skala (3 zu 3 mm) und Zeigers abgelesen. Es lassen sich so bequem 10 Aufnahmen mit entsprechenden Zwischenräumen unter genau gleichen Bedingungen auf derselben Platte machen. Die Kasette ist von hinten aufzuklappen. Zu den Aufnahmen wurden Schleußnerplatten „Moment" im Format $6^1/_2 \times 18$ cm verwendet, die aus der Größe 13×18 cm jeweils geschnitten und in schwarzes Plattenpapier lichtdicht verpackt in einem Bleikasten mit 3 mm starken Wänden verwahrt wurden.[1] In der beträchtlich größeren Kasette wurden sie mit Hilfe eines Einlegerahmens gehalten. Zum Zwecke der Belichtung wurde der beiderseitig geschwärzte Rouleauschieber geöffnet.

Die Quarzoptik bestand aus zwei Linsen von $f = 32$ cm für $\lambda = 389\ \mu\mu$, die senkrecht zur optischen Axe geschnitten sind. Der Durchmesser der Kollimatorlinse betrug 41 mm, der des Kameraobjektivs 53 mm. Der Prismenwinkel betrug 60^0. Die gesamte Optik wurde mir von Herrn Dr. V. Schumann gütigst zur Verfügung gestellt, und es ist mir eine angenehme Pflicht, ihm auch an dieser Stelle dafür meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Das Prisma erhielt zur Abblendung etwa vorbeigehenden Lichtes eine weite Maske aus schwarzem Karton. Das Prisma wurde in der Stellung minimaler Ablenkung für $\lambda = 214\ \mu\mu$ (eine Linie des Zn-Funkenspektrums, die neben anderen durch Fluorescenz auf der Mattscheibe deutlich sichtbar wird) justiert, der Apparat scharf eingestellt und darauf der Raum zwischen Kollimatorlinse und Kamera lichtdicht in schwarzen

[1]) Später wurde nur noch das Format 6×24 cm verwendet.

Karton eingebaut. Als Neigung der Platte gegen die Objektivaxe erwies sich, wie Aufnahmeserien des Zn-Funkenspektrums ergaben, die Neigung von 27° am günstigsten, wobei selbstverständlich die für das Violett bestimmte Stelle dem Objektiv näher lag.[1]

Zum Schutze gegen Röntgenstrahlen wurde ein breiter, über den ganzen Versuchstisch reichender Bleischirm von 3 mm Stärke mit seitlich zurückgebogenen Teilen nahe vor dem Apparat aufgestellt. Das für den Spalt eingeschnittene Fenster wurde möglichst klein gehalten, so daß es durch die Spaltplatte reichlich übergreifend abgedeckt wurde.

c) Aufnahmen.

Die Substanzen wurden in der beschriebenen Weise vor den Spalt gebracht. Kamen Pulver zur Verwendung, so wurden diese auf dem 0,5 mm starken Quarzboden eines niedrigen, 3 cm im Durchmesser haltenden cylindrischen Gefäßes ausgebreitet, durch einen aufgedrückten, ringsum festklemmenden schwarzen Karton vor dem Gleiten geschützt und so vor den Spalt gekittet. Die notwendige Belichtungszeit konnte nach einiger Erfahrung aus der bekannten Stärke der unmittelbaren photographischen Wirkung im voraus ungefähr bestimmt werden. Das Zimmer war während der Aufnahmen verdunkelt. Das grüne Fluorescenzlicht der Röntgenröhre wurde durch vorgestellte Kartons und schwarze Tücher oder durch ein über Spalt und Krystall gespanntes schwarzes Papier abgehalten. Versuche mit dem Fluorescenzschirm sowie die Aufnahmen selbst ergaben,

---

[1]) W. Radebold: „Ueber Einwirkung von Röntgenstrahlen auf Flußspath", Dissertation, Rostock 1903, neigt die Platte um 7° nach der entgegengesetzten Seite. Bei seinen Versuchen mußte daher das fragliche Licht so geschwächt sein, daß es tatsächlich unwirksam wurde, ja es konnte möglicher Weise zum Teil parallel mit der Platte an dieser vorbeigehen. Es ist also nicht befremdend, daß er die von Winkelmann und Straubel entdeckten „Flußspatstrahlen" mit der dort angegebenen Wellenlänge nicht finden konnte. Ich habe in den fraglichen Spektralgebieten teilweise eine so intensive Wirkung erhalten, daß die betreffenden Partien der Platte undurchsichtig schwarz erscheinen.

daß die Kamera vor direkten und reflektierten Röntgenstrahlen recht gut geschützt war. Die Spaltbreite betrug meistens 2 mm, was durch die Intensitätsverhältnisse geboten war. Das photographische Spektrum stellt durchweg ein continuierliches Band dar, das nach beiden Seiten allmählich an Intensität abnimmt. Die beim Flußspath beobachtete Erscheinung, daß mit Zunahme der Belichtungszeit und daraus folgender stärkerer Wirkung sich dieses Band nach beiden Seiten erweitert, mag durch diese Tatsache zu erklären sein. Die Bestimmung der Wellenlängen geschah mittels der Funkenspektren des Zinks und Cadmiums, die zwischen die Aufnahmen photographiert wurden.[1] Diese zeigten fast in allen Teilen eine gleichmäßige Schärfe der Linien; nur der mittlere Teil stand ein klein wenig zurück. Eine größere Anzahl von Linien, deren Wellenlängen bekannt waren, diente als Marken.[2] Dazwischen liegende Werte wurden unter Berücksichtigung der nach dem ultravioletten Ende zunehmenden Brechbarkeit durch Interpolation zwischen den benachbarten Linien bestimmt. Dieses Verfahren darf als zulässig gelten, weil sämtliche Fluorescenzspektren allmählich an Intensität abnehmen, so daß eine ganz scharfe Grenze nie angegeben werden kann. Wegen der größeren Brechbarkeit der kurzwelligeren Strahlen sind die auf solche bezüglichen Angaben am genauesten. Ueber die Ergebnisse berichtet Tabelle V.

---

[1]) Spaltbreite 0,04 mm.

[2]) Ich verdanke auch diese Angaben der Güte des Herrn Dr. V. Schumann.

Tabelle V.

Name des Körpers	Grenzen des Spectrums in $\mu\mu$ Wellenl.	Maximum d. Intensit.	Belichtungszeit
Flußspath	364—240	284	$^1/_2$ Std.
Flußspath	390—231	284	1 Std.
do mit Eisenspath	390—231	280	$3^1/_4$ Std.
Scheelit	480—375	433	5 Std.
Zn S, (Nr. 1)	509—412	450	40 Min.
Ichthyophthalm	500—399	454	$5^1/_2$ Std.
Platinkaliumcyanür	490—412	450	$1^1/_2$ Std.
Eigenlicht der Röntgenröhre (ohne schwarzen Schirm)	509—300	375	15 Min.
Baryumplatincyanür	509—442	480	3 Std.
Calciumplatincyanür	509—455	480	4 Std.
Urankaliumnitrat	Spur bei 415	—	4 Std.
Uranammoniumfluorid	440—380	410	3 Std.
$PbSO_4$	—	—	3 Std.
Zirkon (Miask)	—	—	5 Std.

Untersuchungen, bei denen die Fluorescenz durch Kathodenstrahlen erregt war.

a) Apparate.

Das Entladungsrohr wird durch Fig. 2 im Durchschnitt dargestellt (ca. $^1/_3$ nat. Größe). Es mißt 5 cm im Durchmesser. Die Kathode K ist nach rückwärts durch Glasrohr und Glasteller abgedeckt. Der Helm O wurde später 15 cm hoch gehalten, um das Durchschlagen zwischen O und A zu vermeiden. Die Anode A (A^1, die eigentlich vorgesehen war, konnte bei dem angewandten hohen Vakuum nicht benutzt werden und wurde, da sie auch sonst keinen sichtbaren Vorteil bot, bei einer Neuherstellung weggelassen) ist ein Hohlcylinder, aus Aluminiumblech zusammengenietet. Der aus gleichem Material verfertigte Boden ist zur Vermeidung des Lötmetalles durch Aluminiumdrähte befestigt.[1]) Eine mit Klemmschraube versehene Führung gestattet, den Cylinder auf dem 1,7 mm

[1]) Alle im Rohr vorhandenen Metallteile (im Bilde stark ausgezogen) bestehen aus diesem Metall.

starken Zuleitungsdrahte zu verschieben, so daß die seitlich vorn angebrachte Durchbohrung der Wand (Fenster) mit dem der Glasröhre eingefügten Quarzfenster Q in gleiche Höhe gebracht werden kann. Das Fenster besteht aus einer 2 mm starken, senkrecht zur optischen Axe geschnittenen Quarzplatte, die mit Schellack auf einen angeblasenen Tubus aufgekittet ist. Durch einen Schliff s am unteren Teil der Röhre kann die Anode herausgenommen werden. Dieser Schliff wurde leicht gefettet mit der Vorsicht, daß die Schicht den oberen Rand nicht erreichte.

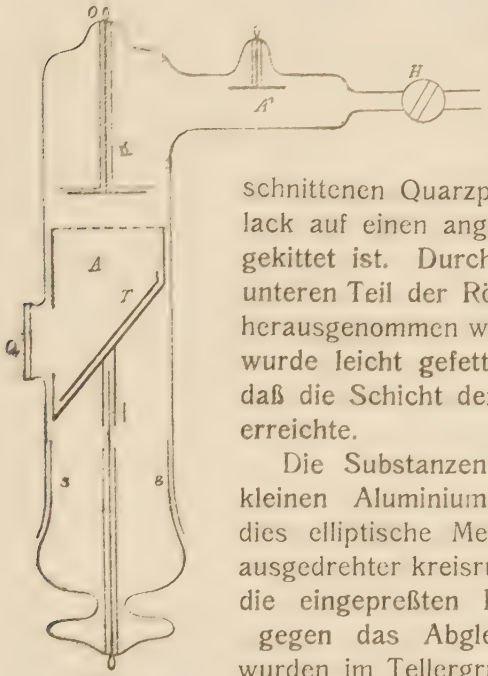


Fig. 3.

Die Substanzen befanden sich auf kleinen Aluminiumtellern.[1] Es waren dies elliptische Metallplatten mit flach ausgedrehter kreisrunder Vertiefung. Um die eingepreßten Pulver noch besser gegen das Abgleiten zu schützen, wurden im Tellergrunde kleine Vorstöße aufgetrieben. Das Einpressen geschah mit Hilfe einer sauberen Glasplatte auf Glasunterlage. An einem oben stehen gebliebenen, nach vorwärts eingebogenen Metallstreifen konnten die Teller mittels passend geformter Klemmzange leicht in die röhrenförmige Anode eingelegt werden. Krystalle wurden mit Hilfe von Aluminiumdrähten eingehängt.

Als Luftpumpe diente, nachdem sich eine Töplersche als ungenügend erwiesen hatte, eine Kahlbaumsche Quecksilberluftpumpe, deren Fallrohr an der Auffallstelle des

[1]) Es hatte sich gezeigt, daß Glimmerblättchen, auf denen die Substanzen abgedampft wurden, bei der benötigten Dicke zu viel Luft abgaben, was die Arbeiten sehr verzögerte.

Quecksilbers mit Stahlrohreinsatz versehen war. Dieser Einsatz hat sich bei der dauernden Inanspruchnahme der Pumpe bei schon hohem Vakuum gut bewährt, und der Nachteil der verlangsamten Förderung konnte durch öfter bewirkte Regulierung zum größten Teil vermieden werden. Beim Weglassen des Einsatzes zersprang das Fallrohr regelmäßig nach wenigen Tagen.[1]) Das abfließende Quecksilber wurde von einer mit Elektromotor betriebenen Turbine, die Herr Prof. Wiener nach seinen Angaben hatte herstellen lassen, nach dem Zulaufgefäß gefördert. Sie bewährte sich durch gleichmäßige und saubere Arbeit. Bei langdauerndem Betriebe trat eine geringe Erwärmung des Quecksilbers ein, die aber durch Einschaltung einer Kühlspirale, die in langsam fließendem Wasserbade lag, vollkommen beseitigt werden konnte. Zum Vorpumpen genügte eine gewöhnliche kleine Wasserstrahlluftpumpe. Entladungsröhre und Pumpe waren durch eine Kundt'sche Feder miteinander verbunden.

Die Entladungsröhre wurde in einiger Entfernung vor dem Spektrographen fest aufgestellt.

b) Arbeitsweise und Messungen.

Das Verfahren bei den einzelnen Aufnahmen war folgendes. Die auf dem Teller aufgepreßte Substanz wurde auf einem sauberen Metallblech über der Bunsenflamme stark erhitzt, um Luft und Feuchtigkeit schon zum Teil zu beseitigen. Zeigte die Substanz dabei ein Schwinden oder Auflockern, so wurde nachgefüllt und das Verfahren wiederholt. Dann wurden die Teller rasch in die Röhre gebracht und diese möglichst schnell evakuiert. Sobald das Vakuum weit genug vorgeschritten war, wurden Entladungen durch

[1]) Die Regulierung muß so geschehen, daß die Auffallstelle dem unteren Rande des Röhrchens nahe liegt. Bei dem Schwanken des Niveaus werden dann etwa gestaute Luftmengen von Zeit zu Zeit mitgerissen. Es ist dieser Zustand durch Veränderung der Quecksilberhöhe im unteren Sammelgefäß und Regulierung des Zuflusses leicht zu erreichen.

das Rohr geschickt, was dann während des Auspumpens mit Unterbrechungen weiter geschah. Erst nach zwei bis sechs Tagen wurde ein genügend hohes Vakuum, das sich einigermaßen konstant hielt, erzielt. Das Glimmlicht war ganz verschwunden, und die Entladungen gingen so schwer durch das Rohr, daß eine parallel geschaltete Funkenstrecke von 18—20 cm Schlagweite zwischen Spitze und Scheibe intermittierend spielte. In den Zuleitungsdraht zur Röhre war bei der Aufnahme eine 3 cm lange Funkenstrecke eingeschaltet. Der Leuchtschirm zeigte deutliche Röntgenbilder. War das Vakuum nur ein wenig schlechter, so zeigte die Aufnahme Luftbanden, die sie fast immer unbrauchbar machten. Bei mehreren Substanzen konnte ein genügend hohes Vakuum überhaupt nicht erzielt werden. Das grüne Fluorescenzlicht der oberen Röhrenteile wurde durch einen schwarzen Karton, der nur das Quarzfenster frei ließ, vom Spalt abgehalten, welcher auch sonst gegen fremdes Licht gut geschützt war. Das von der Substanz selbst reflektierte grüne Fluorescenzlicht der Röhre erwies sich nicht als störend.

Die Anzahl der untersuchten Stoffe konnte wegen der Langwierigkeit der Versuche nur eine begrenzte sein. Einmal wurden die unter Röntgenstrahlen leuchtenden Stoffe untersucht, soweit sie für diese Methode tauglich schienen. Dann wurden unter den festen Lösungen solche ausgewählt, die nach Angaben unter Kathodenstrahlen in einer weit nach violett gelegenen Farbe hell leuchten. Die Untersuchung schwach leuchtender Stoffe sollte entscheiden, ob sie ein Maximum weit im Ultravioletten besäßen. Bei weit nach rot gelegener Fluorescenzfarbe wurde nach einem zweiten Maximum im Ultravioletten gesucht. Es fand sich jedoch immer ein einziges Band, dessen Intensität in derselben Weise wie bei der Fluorescenz unter Röntgenstrahlen mit dem sichtbaren Leuchten in Verbindung stand. Tabelle VI vereinigt die Resultate.

Tabelle VI.[1]

Name des Stoffes	Sichtb. Licht	Grenzen der Spectr. in $\mu\mu$ Wellenlänge	Intensit.-Max.	Belicht.-Zeit
Baryumfluorid	violett	450—216	321	4 Min.
Flußspath (Pulver)	violett	450—227	284	8 Min.
do. (Krystalle)	violett	384—231	280	10 Min.
Fluorit m. Eisensp.	viol. (Spalt 2 mm)	461—223	280	4 Std.
do. (Spalt 1 mm)	do.	442—227	280	2 Std.
Zirkon, von Ceylon und Miask	schwach violett / stark goldgelb	480—220 ca.	nicht erkennbar.	35 Min.
Baryt (Krystall)	lachsfarben	480—246	317	20 Min.
Scheelit	int. himmelblau	480—330	403	26 Min.
Balm. Leuchtfarbe	violett	509—342	(442u.386)	1 Min.
Ichthyopthalm	hellblau	(470—372)	(412)	12 Min.
$Mg\ SO_4 + Zn\ SO_4$	schwach hellviol.	480—290	399	20 Min.
$Zn\ SO_4 + Mn\ SO_4$	prachtv. rubinrot	(490—360)	(416)	10 Min.
$Ba\ SO_4$	weißlich violett	(442– 300)	(360)	30 Min.
Zinksulfid	grün	(509—412)	(450)	4 Min.
Strontiumfluorid	schwach	(470—229)	(300)	8 Min.
$Mg\ SO_4 + Ni\ SO_4$	schwach	(520—302)	—	20 Min.
$Sr\ SO_4$	gelblich weiß	(400—286)	(325)	22 Min.
Strontianit	—	(450—386)	(412)	10 Min.
Cölestin, faserig (Vicenza)	rötlichweiß	480—346	400	30 Min.
$Pb\ SO_4$	blau-violett	480—280	390	8 Min.
$Pb\ Fl_2$	blau	480—375 (270)	428	10 Min.
Schwerspath	heliotrop	399—263	310	30 Min.
$Zn\ SO_4 + Cd\ SO_4$	schwach	—	—	4 Min.
$Ca\ Cl_2 + Mn\ Cl_2$	int. goldgelb	—	—	8 Min.
$Zn\ SO_4$	schwach	—	—	12 Min.
$Mg\ SO_4 + Mn\ SO_4$	rot	—	—	25 Min.

Uranpecherz[2] (Freiberg) ließ kein genügend hohes Vakuum erreichen, wodurch der Eindruck einer Gasentbindung hervorgerufen wurde. Sowohl stärkere Erwärmung als auch die Entladungen an sich begünstigten die Erscheinung.

[1]) Die in Klammern eingeschlossenen Zahlen sind mit einiger Unsicherheit behaftet, meistens infolge einer Andeutung von Luftbanden.

[2]) Dieses, sowie eine Anzahl der weiteren hier angeführten Mineralien wurde mir in dankenswerter Weise durch Herrn Geheimrat Prof. Zirkel aus dem hiesigen mineralogischen Institute zur Verfügung gestellt.

Rot erscheinendes Fluorescenzlicht trat nur an vorhandenen Gesteinsadern auf. Diese phosphorescierten auch kurze Zeit. Nach fünf Tagen wurden die Versuche als aussichtslos abgebrochen, zugleich auch wegen anderer ungünstiger Umstände. Die vorher gemachten Aufnahmen zeigten Luftbanden bei ca. 480, 415, 356, 325, 303, 280, 291, 263, 246, 231 $\mu\mu$. Auffallend sind die stark entwickelten Banden bei 303 und 280 $\mu\mu$, die die anderen an Intensität übertreffen, während sonst immer das umgekehrte Verhältnis stattfindet. Die Fähigkeit, der Luft Leitfähigkeit für Elektrizität mitzuteilen, war vor und nach der Behandlung mit Kathodenstrahlen die gleiche, wie messende Versuche ergaben.

Ein Radiumpräparat von 20 mg, in seiner Fassung ohne Abblendung seines sichtbaren Fluorescenzlichtes 120 Stunden lang vor den Spalt des Apparates gekittet, gab ein Spektrum zwischen 500—267 $\mu\mu$. Maxima scheinen bei 420 und 330 $\mu\mu$ zu liegen.

Aufnahmen ohne Linsen.

Um die Frage zu entscheiden, ob bei den bisherigen Versuchen ein weit im Ultravioletten gelegenes Strahlungsgebiet, vielleicht getrennt durch einen Absorptionsstreifen, nicht doch könnte übersehen worden sein, wurden sämtliche Linsenteile am Apparate entfernt und diesem durch Zusammenschieben die Form von Fig. 3 gegeben. S und s sind Bleischirme von 3 mm Stärke, in die zwei Spalte von 4 mm Höhe und ca. 1 mm Breite eingeschlagen waren; k ist eine Kartonblende. Das durch die zwei Spalte ausgeschnittene parallele Lichtbündel mußte nach seinem Durchgange durchs Prisma vollständig auf die Platte gelangen, selbst wenn ein Teil streifend austrat. Von allen Versuchen (die meist an der geringen Intensität

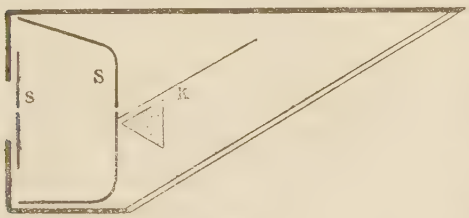


Fig. 3.

der Wirkung scheiterten) waren nur zwei brauchbar. Der Fluorit mit Eisenspath gab nach 20 Stunden Exposition mit Röntgenlicht einen Eindruck von 350 $\mu\mu$ bis 234 $\mu\mu$, das Maximum bei ca. 292 $\mu\mu$ Wellenlänge. Ein anderer Flußspath, durch Kathodenstrahlen erregt, gab bei gleich langer Einwirkung ein Spektrum zwischen 380 und 240 $\mu\mu$, vielleicht auch noch weiter reichend. Die Messungen sind natürlich bei der viel geringeren Ausdehnung des Spekttrums (1,5 cm gegenüber 9,5 cm bei den Aufnahmen mit Linsen) viel weniger zuverlässig. Während der Aufnahmen mußte der ganze Apparat allseitig in Bleiblech eingebaut werden.

Da eine neue Erscheinung nicht auftrat, ist das Vorhandensein einer solchen bei den übrigen Stoffen wohl ebenfalls nicht sehr wahrscheinlich.

Zusammenfassung.

Es hat sich also gezeigt, daß eine ganze Anzahl von Körpern mit einem Lichte zu fluorescieren vermag, das weit im ultravioletten Teile des Spektrums liegt. Am weitesten unter sämtlichen untersuchten Stoffen reichte in dieser Beziehung das Baryumfluorid (bis 216 $\mu\mu$). Es folgen Zirkon (bis 220 $\mu\mu$), Fluorit (bis 223 $\mu\mu$), Baryt (bis 246 $\mu\mu$) usw. Zu beachten ist dabei, daß diese letzte Grenze keine vollkommen scharfe ist.

Man könnte auf Grund der Untersuchungen (soweit die begrenzte Anzahl der Beobachtungen eine Verallgemeinerung zuläßt) auf die Vermutung kommen, daß feste Körper in nicht wesentlich kurzwelligerem Lichte als etwa von 216 $\mu\mu$ fluorescieren können; denn es ist auffallend, daß kürzere Wellenlängen nicht beobachtet werden konnten, obgleich die Luft für solche noch durchlässig ist.

Gegen eine solche Annahme sprechen jedoch verschiedene Erwägungen.

Zuerst konnte bloß bei gewöhnlicher Temperatur, die höchstens durch die Entladungen erhöht war, beobachtet werden. Daß eine Beziehung zwischen Temperatur, Dichte und Fluorescenzfarbe anderseits besteht, beweisen die Be-

obachtungen von Wiedemann und Schmidt, wonach bei hohen Temperaturen die Fluorescenzfarbe sich meist so ändert, daß zu den bei niederer Temperatur vorhandenen Strahlen brechbarere hinzutreten,[1] und bei weniger dichtem Aggregatzustande Absorption und Fluorescenzlicht nach der violetten Seite zu verschoben sind.[2]

Das allmähliche Abklingen der Spektren nach dem ultravioletten Ende hin läßt auch vermuten, daß bei der geringen Intensität die Absorption der Luft bereits stark in Frage kommt, wodurch eine größere Ausdehnung des Spektrums auch bei meinen Versuchen doch wohl möglich erscheint. Sodann konnten Wellenlängen, für welche die Luft vollkommen undurchlässig ist, nicht zur Beobachtung kommen.

Daß eine noch nicht genauer erforschte Wirkung, die durch schwarzes Papier hindurchgeht, in gewissen Körpern durch Bestrahlung mit Röntgenlicht ausgelöst wird, bestätigen die bereits vorn[3] erwähnten Versuche von W. Arnold, welche ich zum Teil mit gutem Erfolge wiederholen konnte.[4] Allerdings ist die Natur dieser Wirkung noch

---

[1]) Wied. Ann. 56, pag. 219. 1895.

[2]) Wied. Ann. 56, pag. 26.

[3]) Pag. 11 Anm.

[4]) Diese Versuche habe ich nach Abschluß der Arbeit weiter verfolgt und bin zu abweichenden Ergebnissen gekommen. Der Versuch mit Flußspath (dasselbe Stück) wurde noch viermal angestellt, gleichzeitig mit verschiedenen Exemplaren und z. T. nach sehr langdauernder Erregung. Keiner zeigte wieder die früher so auffallend starke Wirkung. Bei Zn S war die Wirkung ebenso nicht wieder nachzuweisen. Dagegen trat sie bei einem Versuche mit Balmain'scher Leuchtfarbe deutlich hervor. Doch mag sie hier auf eine Entwickelung von H_2S zurückzuführen sein, die sich durch schwachen Geruch verriet. Durch dünne Metallfolien (Al, Ag) ging die Wirkung nicht. Bei der Deutlichkeit des früheren Ergebnisses mit Flußspath ist vielleicht die Annahme einer zufälligen örtlichen Durchlässigkeit des verwendeten Papieres für ultraviolette Strahlen die einzige Erklärungsmöglichkeit. Radioaktivität kommt nach meinen Untersuchungen sicher nicht in Frage. — Inwieweit die oben folgenden Erörterungen von diesen neueren Ergebnissen betroffen werden oder nicht ist ohne weiteres ersichtlich.

nicht sicher bekannt. Auch könnten solche Strahlen durch anomale Dispersion an ganz andere als die ihnen entsprechenden Stellen des Spektrums gelangen. Es wäre dann nur mit einem Gitterspektrographen ein sicheres Ergebnis zu erreichen. Die Tatsache, daß bei den letzterwähnten Versuchen nur diejenigen Teile des gewölbten Flußspathstückes gewirkt hatten, die dem Papier auflagen,[1] läßt vermuten, daß die Luft auch diese Strahlung noch stark absorbiert. Dasselbe scheinen die Angaben von G. Sagnac darzutun, wonach sekundäre Röntgenstrahlen, die durch Reflexion an gewissen Metallen entstanden sind, von der Luft stärker absorbiert werden als die ursprünglichen Strahlen.

Bei Erörterung der Frage, ob trotz des Ergebnisses dieser Arbeit bei den angestellten Versuchen äußerst kurzwellige Strahlen zugegen gewesen sein könnten, ist endlich auch zu erwägen, ob alle Strahlen von geringer Wellenlänge photographisch wirksam seien. So sehr die photographische Wirksamkeit der Röntgenstrahlen und die erwähnten Versuche von W. Arnold dafür zu sprechen scheinen, so läßt doch die Tatsache, daß gewöhnliche Trockenplatten für sehr kurzwelliges Licht ziemlich unempfindlich sind, die Zulässigkeit einer solchen Annahme zweifelhaft erscheinen.

Aus alledem geht hervor, daß, wie vermutet, die Frage nach der Existenz äußerst kurzwelliger Strahlen im Fluorescenzlicht mit den zu Gebote stehenden Hilfsmitteln endgiltig noch nicht entschieden werden konnte.

Beiläufige Beobachtungen.

Es mögen zum Schluß noch einige Beobachtungen beschrieben werden, die im Laufe der Untersuchnngen gelegentlich gemacht wurden.

---

[1]) Vergl. letzte Anm.

a. Nachfarben.

Solche zeigten sich sowohl unter Kathodenstrahlen als auch (wenigstens bei einigen Stoffen) unter Röntgenlicht.

Nachfarben, durch Röntgenlicht hervorgerufen, zeigten sich zuerst zufällig an einem größeren Krystallgefüge aus Flußspath. Die vorher schwach bernstein- bis wachsgelbe Farbe war in intensives Blau übergegangen. Im direkten Sonnenlicht stellt sich die gelbe Farbe in weniger als einer Minute, im zerstreuten Tageslicht in einigen Minuten wieder her, während die blaue Farbe beim Lichte einer Kohlenfadenlampe bereits einigermaßen und im Dunkeln ziemlich beständig ist. Bei starkem Erhitzen verschwindet sie auch schnell unter starkem Aufleuchten des Krystalls. Sie läßt sich wieder erzeugen und ist bei intensiver Bestrahlung bereits nach $^1/_2$ Stunde sehr kräftig. Doch scheinen hier entgegen den Angaben von Holzknecht[1] betr. Na Cl, K Br etc. härtere Strahlen wirksamer zu sein. Genauere Versuche wurden darüber nicht angestellt. Die Verfärbung dringt auch ins Innere des Krystalls ein, wie eine nach der Einwirkung erzeugte Bruchfläche erkennen ließ. Alle gelben Flußspathe zeigten mehr oder weniger dieses Verhalten, am stärksten das oben beschriebene Stück. Die von Holzknecht beschriebenen Nachfarben konnten ebenfalls erhalten werden. Doch waren sie bedeutend schwächer und noch lichtempfindlicher.

Unter Kathodenstrahlen wurde Balmainsche Leuchtfarbe an der Oberfläche langsam schwarz-bräunlich. Die Färbung verlor sich auch an der Luft selbst nach langer Zeit nicht merklich. Die Phosphorescenzeigenschaften blieben unverändert. — Am Flußspath zeigte sich sehr bald die bekannte dunkelviolette Oberflächenfarbe, die sich ebenfalls, selbst durch Erhitzen, nicht wieder verlor. In einem Falle war die Färbung so intensiv, daß Newtonsche Farben auftraten wie bei einem Oxydbelag. In der Durchsicht zeigte sich ein äußerst kräftiges Violett. Durch Licht und

[1]) Wied. Ann. B. Bl. 1903. I. pag. 88.

Luft (6 Wochen vor dem Fenster) war keine Veränderung erzeugt worden. In starker warmer Schwefelsäure wurde das Stück in kurzer Zeit wieder farblos. Äußerst geringe Spuren eines braunen häutigen Niederschlages blieben in der Flüssigkeit suspendiert. Etwas Flußspath war (an der Korrosion des Glases kenntlich) aufgelöst worden. So wenig sich daraus über die Natur dieser Nachfarbe erschließen läßt, eins erscheint sicher: daß sie von der unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen erzeugten verschieden ist. Sie ist nicht lichtempfindlich, von anderem Farbton, beschränkt sich auf die Oberfläche und kommt allen Varietäten des Minerals zu. Vermutlich findet unter dem Einfluß der Kathodenstrahlen eine chemische Veränderung der Oberfläche statt. — Strontiumfluorid färbte sich nur an den Stellen schwärzlich, die von den Strahlen am intensivsten getroffen wurden. — Scheelit nahm eine luftbeständige schwarzbraune Färbung an; die im Gestein vorhandenen nicht fluorescierenden Adern blieben hell gefärbt. — $Ca\,Cl_2 + Mn\,Cl_2$ wurde stark braunviolett. Die Farbe war in der evakuierten Röhre beständig, ging aber an freier Luft rasch vollkommen zurück, was offenbar eine Folge der starken hygroskopischen Eigenschaften des Körpers ist. — $Pb\,SO_4$ und $Pb\,Fl_2$ färbten sich schwarzgrau. Bei $Pb\,Fl_2$ zeigten die am stärksten getroffenen Stellen schwachen Metallschimmer. Bei starker Erwärmung färbte sich $Pb\,Fl_2$ wieder weiß, $Pb\,SO_4$ nicht.

b) Veränderungen der Fluorescenz.

Eine Abnahme der Fluorescenzhelligkeit trat bei höchstem Vakuum schon infolge der geringeren Entladungsstärke ein. Mitunter war aber schon bei mäßig hoher Verdünnung eine auffallende Veränderung wahrzunehmen. $Zn\,SO_4 + Cd\,SO_4$ fluorescierten zunächst weißlichviolett (wegen des noch vorhandenen Glimmlichtes ist die Beobachtung nicht vollständig sicher). Bei höherem Vakuum und bei längerer Bestrahlung ging das Licht in eine rote Farbe über. Nach längerer Unterbrechung des Stromes (das Vakuum hatte sich unter-

dessen wieder verschlechtert) trat zunächst wieder die violette Farbe auf, die bei schwachem Entladungsstrom längere Zeit blieb. Die Stellen, welche am stärksten getroffen wurden, leuchteten aber auch dann sehr bald wieder rötlich. An Glüherscheinungen ist wohl nicht zu denken, weil das Licht bei Stromunterbrechung sofort erlosch. — $ZnSO_4$ leuchtete anfangs schwach weißlich, später rot. Aehnlich war die Erscheinung bei $MgSO_4 + NiSO_4$ und $MgSO_4 + ZnSO_4$.

Da überdies jede Substanz bei steigendem Vakuum zunächst ein Maximum der Erregung gewinnt und später wieder schwächer erregt wird, hat es (soweit sich dies nicht aus den anderen Verhältnissen erklärt) den Anschein, als ob sich die erregenden Strahlen bei steigendem Vakuum so veränderten, daß sie nach und nach in Strahlen übergingen, deren Schwingungszahl sich von jener weiter entfernt, mit welcher die Substanzen zu fluorescieren vermögen.

Versuche mit secundären Röntgenstrahlen.

Wenigstens erwähnt werden sollen noch einige Versuche, welche die fraglichen kurzwelligen Strahlen auf einem anderen verwandten Wege zu gewinnen strebten. Es wurde angenommen, daß die von Sagnac besprochenen sekundären Röntgenstrahlen solches Licht sein könnten und dementsprechend das Licht einer Röntgenröhre, von einer Bleiplatte reflektiert, in den Apparat geschickt. Von diesem waren die Linsenteile abgenommen und dafür, wie bereits beschrieben, zwei parallele Bleispalte eingesetzt. Bei den ersten Versuchen betrug der Einfallswinkel 45°. Als sie ergebnislos verliefen, wurde streifende Reflexion angewendet in der Annahme, daß die matte Bleiplatte, wie auch gegen gewöhnliches Licht, dabei eine verstärkte, an die regelmäßige Reflexion angenäherte Zurückwerfung zeigen würde. Aber auch bei $20^1/_2$ stündiger Exposition war keine Wirkung erkennbar. Immerhin kann dies noch durch die geringe Intensität bedingt gewesen sein.

Zum Schlusse erwächst mir die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. O. Wiener, sowie Herrn Dr. A. Dahms für die mannigfache Anregung und Unterstützung, die ich gelegentlich dieser Arbeiten in so reichem Maße durch sie erfahren durfte, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Lebensgang.

Ich, **Johann Paul Schuhknecht,** evangelisch-lutherischer Konfession, wurde am 25. Dezember 1876 zu Leipzig geboren. Der gesetzlichen Schulpflicht genügte ich in der mittleren Volksschule. Während der Jahre 1891 bis 1897 erwarb ich mir auf dem Königlichen Seminare zu Rochlitz die für den Lehrerberuf erforderliche Vorbildung. Nach $2^1/_2$ jähriger Amtstätigkeit an der Volksschule zu Wechselburg unterzog ich mich im November 1899 der Wahlfähigkeitsprüfung, in der ich mir zugleich die Berechtigung zum Studium erwarb. Ostern 1900 erfolgte meine Immatrikulation als Student der Pädagogik an der Universität Leipzig. Ich besuchte hierselbst Vorlesungen und Übungen bei den Herren Professoren und Dozenten:

Wiener, Wislicenus †, Ostwald, Volkelt, Wundt, Barth, Wagner, Hölder, Engel, Heinze, Pfeffer, Chun, Marshall, Credner, Richter.

Im Verlaufe von vier Semestern erledigte ich im physikalischen Institute als selbständig Arbeitender die Vorarbeiten für meine Bewerbungsschrift um den Doktorgrad.

Allen meinen verehrten Universitätslehrern fühle ich mich wegen der reichen Fülle von Anregungen und Förderungen, die ich während meines Studiums durch sie erfahren durfte, zu aufrichtigem Danke verpflichtet.